干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

关中平原典型村落农业转型对生态系统服务的影响研究①

宋静雪， 周忠学
（陕西师范大学地理科学与旅游学院,陕西 西安 710119）

摘 要: 全球化和城市化驱动农产品市场需求的日益增长正在推动农村和农业的转变与重构,深刻影响着农村经济、社会和生态发展之间的关系。以关中平原典型村落—余家营和马家村为例,研究城市化影响下农业转型对农业生态系统服务产生了何种影响,对探索城乡互动机制、乡村特色农业发展以及生态景观建设等具有重要意义。通过问卷调查,半结构式访谈、野外填图等对余家营村和马家村的土地利用变化及农业生态系统服务进行测评,分析了关中平原农业转型变化及其对农业生态系统服务的影响与机制。结果表明:(1)“粮—粮”和“粮—果”转型使农业景观、种植结构、农户行为等都发生较大变化,在由传统粮食生产向水果、蔬菜、苗木花卉等现代型农业转变过程中,作物品种由低产量、低品质转为高产量、高品质,并更趋多样化;出现少许耕地转变为草地和林地的现象;农户积极性提高,科技水平有所提升。(2)“粮—粮”和“粮—果”转型使经济生产功能、净化服务、调节服务增加,固碳释氧减少;水资源消耗、农业塑料污染、化肥农药污染等负服务明显增加;2种转型均以生态系统的正供给服务为主,其中“粮—果”经济生产功能增长较大,增长了523.9%。(3)农业转型主要受到城市化、国家政策的驱动,并通过影响农田的农业景观、农业结构、农户行为进而影响农业生态系统服务功能,反之,农业生态系统服务变化也会影响到国家政策以及农户行为。

关 键 词: 农业转型; 土地利用; 生态系统服务; 关中平原
文章编号

经济全球化和城市群快速发展,受市场经济及国家的“三农”政策,如美丽乡村建设、农用地流转、特色农业发展和农产品供给侧改革,以及农业生产方式变化和农业技术的革新等的直接驱动,正将关中平原传统粮食生产推向国际和国内大市场,加快了向都市农业的快速转型。关中平原作为中国重要的粮食产区之一,其土地利用方式、景观格局等在农业转型的推动下正发生重大转变,农业生态系统服务也受到很大影响。农业土地利用、农业生产方式和农户生产行为的变化正深刻影响着农村地区的生态系统及其环境状况,如破碎化的景观格局、逐渐脆弱的农业生态环境、生物多样性降低、土壤肥力下降、水污染等,直接冲击着农业生产与生态系统之间的作用机制与关系[1-4]。因此探讨当前农业转型对农业生态系统如何和产生何种影响?对城市群地区的城乡统筹发展、生态安全建设和持续性发展有着重要的现实意义。农业生态系统服务(即农业多功能性)一直以来是地理学、生态学等学科的研究热点,揭示农业转型以及农业生态系统服务之间的关系有着重要的理论意义。

近年来国内外对农业生态系统服务方面的研究,如张妮等[5]、王鹏等[6]、易武英等[7]、王伟伟等[8]、VIGNOLA 等[9]分别通过构建农业生态系统服务测评指标体系、利用价值法、当量因子、能值法、构建情景等对农业生态系统服务进行测算;周忠学等[10-11]对城市化与农业生态系统服务之间的机制

---

① **收稿日期:** 2019-07-24; **修订日期:** 2020-04-28
基金项目: 国家自然科学基金(41271550)资助
作者简介: 宋静雪(1995-),女,硕士,研究方向为区域开发与城乡发展. E-mail:1548920505@qq.com
通讯作者: 周忠学(1972-),男,博士,副教授,研究方向为区域发展、土地利用变化、城市化与生态系统服务. E-mail:zhouzhx@snnu.edu.cn

关系进行研究,结果表明城市化与农业生态系统服务之间的关系越来越密切;冉凤维等[12]、王川等[13]利用空间分析的方法对生态系统服务功能关系进行研究,结果表明生态系统服务各功能之间有着明显的权衡、协同关系。目前对农业生态系统服务的研究多集中于农业生态系统服务价值测算、城市化与农业生态系统服务、农业生态系统服务功能之间的研究,从农业转型的视角对农业生态系统服务的影响研究较少,对农业生态系统服务的影响原因探究不足。对农业转型及效应的研究,如 KAZ'MIN[14]、AJANI 等[15]、BACHEWE 等[16]学者从政策、社会发展等角度分别对俄罗斯、尼日利亚、埃塞俄比亚等国家的农业转型变化、方法、转型途径进行分析,这些研究多集中于政策影响,缺乏农业转型过程中对农业生态系统服务变化产生的影响研究[14-19]。农业转型与农业生态系统服务之间关系的探索研究,如任婷婷等[20]通过调查问卷的方法研究了农业结构转型对农业生态系统服务的影响及与人类福祉之间的关系,CUMMING 等[21]利用文献综述法对农业转型与生态系统服务的关系做了阐述,SOLEN 等[22]和 SONG 等[23]从家庭农户入手,对农业生态系统服务的变化做了初步探讨;这些研究对农业转型与农业生态系统服务之间的影响做了简单探索,但缺乏农业转型与农业生态系统服务之间关系与机制的研究。20 世纪中期国外学者就已经注意到生态系统的负效应[24-29],近几年国内学者也关注负向生态系统服务并尝试对其进行测评。如田丰收等[30]、税伟等[31]、杨灿等[32]、周淑梅等[33]在对农业以及农业生态系统的研究中都强调了农业生产活动对生态环境造成较大压力,表明负服务对农业生态系统服务影响较大。总体来说对农业生态系统负服务的概念界定尚不清楚,对农业生态系统服务的测评以正向服务为主,缺乏对负向服务的测评[5,30-34]。综上所述,国内外学者对农业转型和生态系统服务的研究多集中于土地利用变化、城市化以及景观格局变化对生态系统服务的影响,而对农业转型过程、农业生态系统服务及其二者相互影响机制的研究较少,且对农业生态系统服务的负服务测评不足。

本文拟以余家营村和马家村作为典型案例,从村域尺度,采用野外调查填图、半结构式访谈以及入户调查、生态系统服务测评、空间分析等多种方法,研究余家营和马家村的农业转变过程,及其在不同农业转型下的农业景观及生态系统服务的变化,探讨农业转型对农业生态系统服务的影响机制。从微观层面上揭示关中平原城市群发展中农业转型过程对生态系统的影响,对深入理解全球化和城市化背景下农业发展与生态系统之间的关系和农业发展中如何维持和发挥其生态系统服务功能具有一定的理论和现实意义。

1 研究区概况和数据来源

1.1 研究区概况

关中平原属暖温带半湿润气候区,地势平坦,土壤肥沃,受季风气候影响,降水主要集中在夏秋季的 7~9 月,雨热同季,农业生产条件优越。自古以来关中平原都是重要的粮食生产基地,近 30 a 来在全球化和城市化的驱动下,由大面积传统的粮食种植逐渐转变为果园、蔬菜、苗木花卉种植以及兼业休闲等农业类型,对当地农业景观及生态系统产生了重要的影响。

余家营村(110°4′13″E,35°4′16″N)位于陕西省渭南市大荔县安仁镇(图 1),本村共有 220 户,总人口有 890 人,其中劳动力 450 人,其中有 420 人在家务农,农业是主要收入来源。全村土地面积 113.37 hm^2,其中 91%(约 103.17 hm^2)为农业用地,其余为建设用地(约 5.87 hm^2)。余家营村农业转变是由 1980 年的粮食、棉花种植逐渐转变为梨、桃子等果树种植,2010 年大部分果园又逐渐向沾化冬枣转变,冬枣栽植大棚持续增加,成为冬枣种植专业村。马家村(108°12′15″E,34°19′49″N)位于陕西省武功县贞元镇,距离西安市 78 km。全村 150 户,总人口 700 人,其中半数人外出打工。全村农用地面积 68.93 hm^2,1980 年以来,马家村一直以单一的粮食(小麦,玉米)种植为主,但种植方式不断改进、机械化水平逐步提高,近年来有部分农户开始尝试种植蔬菜、果园,农业生产和土地利用逐步多样化。余家营农户从粮食耕种逐渐转向冬枣种植,马家村农户仍保持粮食种植,这两个村子的农业转变过程在关中平原农业转型中具有典型性,也具有对比意义。

1.2 数据来源

本研究的数据主要分为影像数据、社会经济数据、调查数据。影像数据采用 2018 年 Landsat 8 的 OLI 数据(来源 http:// earth explorer. usgs. gov/),利用 ArcGIS 10.2 人工解译,实地野外调查,对解译图像进行修正,得到2018年农业景观图。采用1985

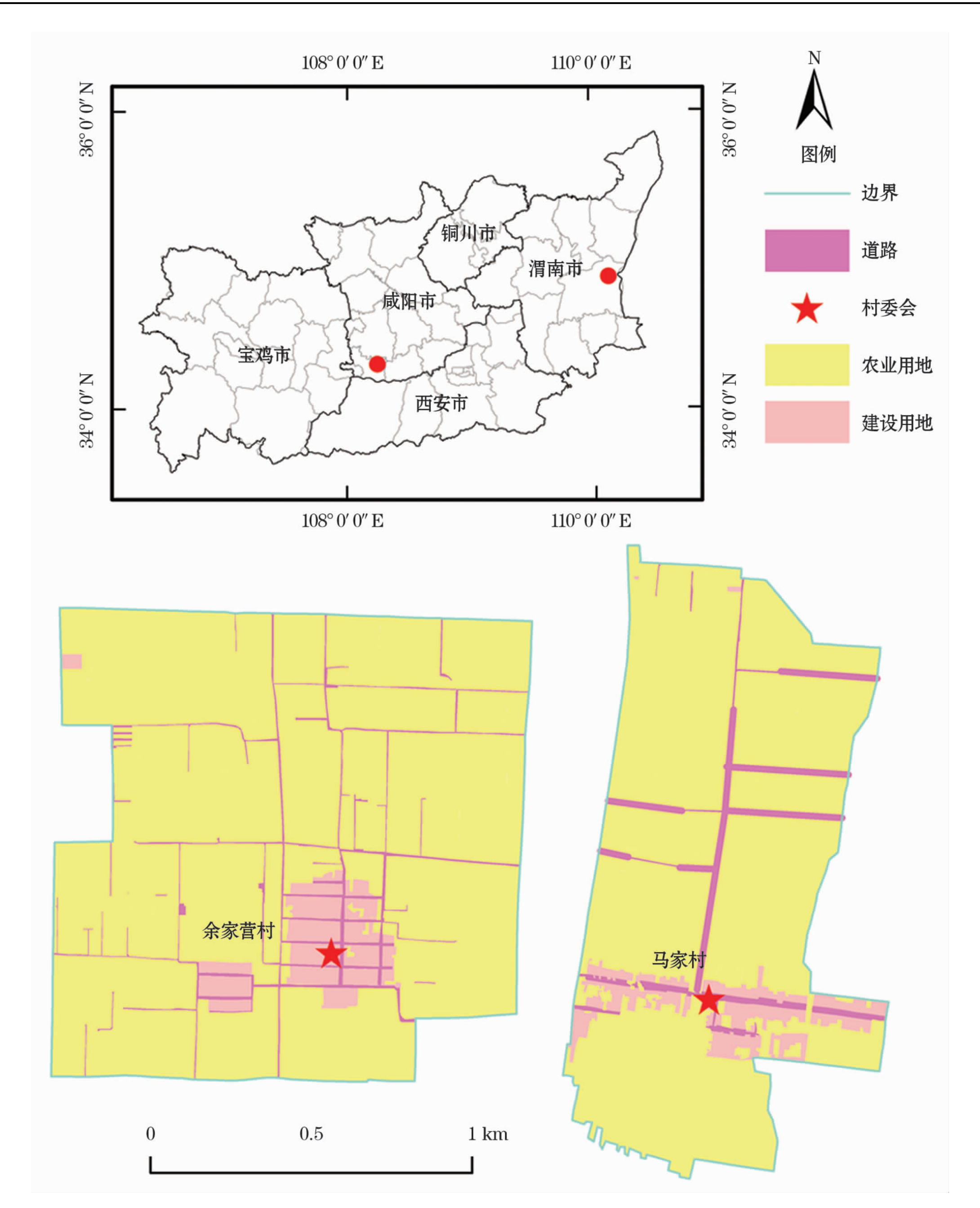


图 1　余家营村和马家村区位

Fig. 1　Village location of Yujiaying and Majia

年 Landsat 影像做底图,采用野外调查填图的方法,获取 1985 年的农业景观图。社会经济数据来源于《渭南市统计年鉴 1986》、《咸阳市统计年鉴 1985》等。调查数据主要通过发放问卷以及半结构式访谈对农户的实际农业经济产出、收入、对农业种植方面的愿望以及认知等各个方面做了深入了解。

2　农业生态系统服务的测评方法

农业生态系统除了能够给人们提供农产品之外,还具有调节气候、固碳释氧、净化空气、旅游休闲等生态服务功能[35-37],并且农业生产过程中还带来一系列的环境问题[38],即负服务。本研究中选取农业生态系统的主要几种生态系统服务,即经济生产功能、固碳释氧服务、环境净化服务以及气候调节服务作为正向生态系统服务,结合当地农业生产实际,选取了农药化肥污染、农业塑料残留、水资源消耗等负向生态系统服务来测度农业转变对生态系统的影响。正向生态系统服务计算采用基于栅格尺度(像元)的农业生态系统服务测评方法[39-43],利用价值法进行计算。负向生态系统服务用前人的研究方法

并结合实地调研修正后进行测评[5]，具体方法如下。

2.1 农药化肥污染

农药化肥污染是指在农业活动中过量使用化肥和农药，造成土壤、水体污染等，从而产生的负向生态系统服务。本文采用化肥、农药施用量中未被作物吸收部分的价值来衡量其产生的负向生态系统服务价值。其中化肥利用率用低施肥量区的均值表示，取34.8%[44]，农药在施用时会有20%～70%残留，根据主要农作物的农残平均值，取利用率为46%[45]。

$$W_1 = S_1 \times (1 - r_1) \times H \times f \quad (1)$$

式中：W_1 指农药化肥产生的负向生态系统服务价值；S_1 指农作物的播种面积；r_1 代表化肥或农药的利用率；H 代表单位面积化肥或农药的施用量；f 代表化肥或农药的单价。

2.2 水资源消耗

水资源消耗是指在农业活动中对地下水的消耗，本区属旱作农业区，农业生产主要依赖私人机井灌溉，因此本文用农户使用私人机井的灌溉总花费（包括灌溉的电费、水费）来测度农业水资源消耗造成的负向生态系统服务。

$$W_2 = t \times n \times S_2 \times h \quad (2)$$

式中：W_2 是指农业灌溉中对水资源消耗的总价值；t 指单位面积灌溉时间；n 指灌溉次数；S_2 指灌溉总面积；h 是指单位时间内使用私人机井或抽水泵的花费。

2.3 农业塑料残留

农业塑料残留指在农业生产中地膜、大棚等塑料废弃物产生的污染，残留地膜会破坏土壤结构、减少土壤孔隙，影响通气性和透水性能，阻碍农作物根系生长，造成产量下降。本文通过计算残留在农田里的地膜造成的产量下降价值来测度农业塑料残留的污染。

$$W_3 = H_1 \times r_3 \times M_2 \quad (3)$$

$$H_1 = M \times r_2 / 75 \quad (4)$$

式中：W_3 是指农业垃圾的总价值；M 指每公顷地膜使用量；r_2 指地膜残留率（取10%）[46]；r_3 指地膜残余达到75 kg·hm^{-2}时农作物产量下降率（取7.3%）[46]；M_2 指粮食的总价值；H_1 指地膜残留量与75 kg·hm^{-2}的比率。

3 结果与分析

3.1 农业类型转变

3.1.1 *农业景观变化* 表1可以看出，从1985年到2018年两个村子的土地利用类型都发生了改变。余家营的土地利用类型改变较大，耕地中有100 hm^2 转变为果园，占总农业用地的97%，0.5%转化为林地，0.2%转化为草地。由于农户希望得到更高的收入，不断尝试更换种植品种，从粮食生产转为苹果、桃树、梨树等果树种植，最终转向市场需求量大、收益较高的沾化冬枣。马家村耕地中有5%转变为果园，0.8%转化为菜地，约2%转化为草地，4%转化为林地，其他耕地仍然以粮食种植为主。马家村距离西安市较近，农户打工获取的收入远远高于耕地。但由于贞元镇政府鼓励果树、蔬菜等大棚建设，如日光温室大棚以及蔬菜中棚连续3 hm^2 以上温棚补贴75 000元·hm^{-2}，蔬菜棚22 500元·hm^{-2}，这些举措促使部分农户转向水果和蔬菜种植。

图2、图3可以看出，余家营村的农业景观变化更为复杂多变。主要由小麦和玉米种植转向果树栽植，其中以冬枣占比最多，占整个果园面积的95%。而马家村由粮食种植转变为果树或者蔬菜的面积仅占6%。无论是余家营村还是马家村，在土地利用中，草地和林地的比例很低，主要分布在田埂、田间小路两旁或者是村落居住地周边。张永生等[47]在华北农田生态系统景观格局的演变特征研究中发现农田生态景观出现了园地面积减少转变为耕地，耕地减少转变为园地的这种现象，在耕地和园地相互

表1 1985—2018年余家营村和马家村土地利用类型及其变化

Tab.1 Change of land use in Yujiaying village and Majia village from 1985 to 2018

土地类型	余家营村 面积/hm^2 1985年	余家营村 面积/hm^2 2018年	余家营村 变化率/%	马家村 面积/hm^2 1985年	马家村 面积/hm^2 2018年	马家村 变化率/%
果园	–	100	–	–	3.40	–
菜地	–	–	0	0.40	1.00	150
草地	0.75	0.95	27	1.60	2.70	69
林地	1.38	1.89	37	5.60	8.20	46
耕地	100.17	–	-100	68.93	61.23	-11
未利用地	0.33	0.33	–	–	–	–
总面积	103.17		–	76.53		–

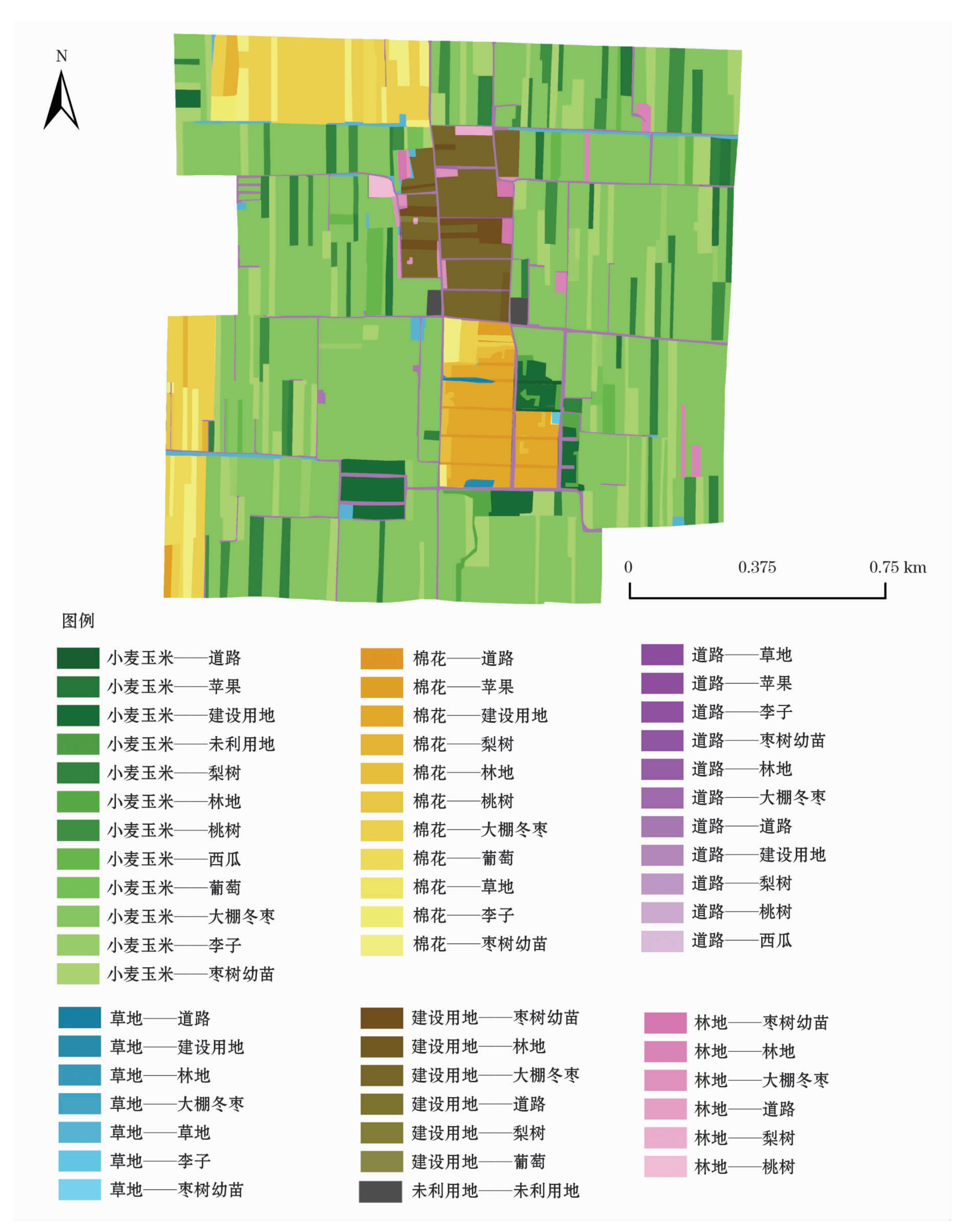


图 2　1985—2018 年余家营村农业景观变化图

Fig. 2　Changes of agricultural landscape s in Yujiaying village from 1985 to 2018

转化过程中导致耕地日趋破碎化。关中平原这一现象也比较突出。余家营村在转型过程中先是粮食种植转变为多种果树种植,园地插花分布、耕地破碎化,此后,随着大面积冬枣种植,园地逐渐连片、趋于整合。马家村在粮食种植过程中逐渐出现蔬菜、果树种植,加之部分土地撂荒,耕地转变园地、林地和草地,使农业景观更为多样化。

3.1.2　*农业种植结构变化*　如表 2 所示,两个村落的种植结构也发生了显著变化。1985 年余家营村小麦和玉米的耕种面积占85%、棉花占15%,到

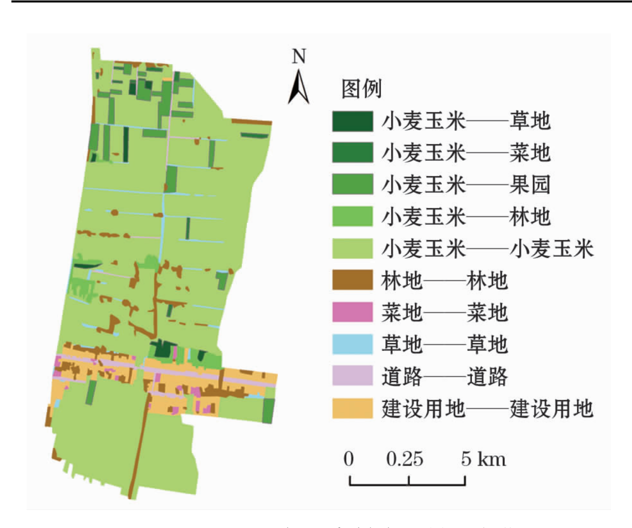


图 3 1985—2018 年马家村农业景观变化图

Fig. 3 Changes of agricultural landscape in Majia village from 1985 to 2018

2018 年全部转变为果园。而马家村 1985 年小麦和玉米耕种面积为 100%，到 2018 年大部分仍以小麦和玉米种植为主(占 94.8%)，只有 5.2% 转变为果园和菜地。因此余家营村属于典型的“粮—果”转型，马家村属于典型的“粮—粮”转型。这种差异是农户选择、市场需求、国家政策共同作用的结果。余家营村距离大城市远，以农业发展为主，为提高收入，农户不断变化作物品种。马家村距离西安市较近，打工是家庭的主要收入来源，对农业重视不够，因此农业类型变化不大。

3.1.3 *农户行为变化* 农户行为的变化主要体现在化肥农药选取、农作物品种更换、农民生产积极性等方面。据调查发现两个村落在种植过程中都会自主选择更优良的品种，余家营村由低产量的“小燕 6 号”小麦种植到沾化冬枣种植，马家村小麦品种由“小燕 6 号”转变为产量高、品质好的“周麦”系列或“西农”系列。玉米由产量低的自留种到产量高的科学制种及杂交品种，最后转变为更高产的“龙高 L2”、“良玉 99”、“中丹 909”等品种。品种变化提高了农田的生产经济功能。化肥农药选取也更加科学多样化，早期农户用的化肥以尿素、氢铵为主，农药以高毒、高残留和降解时间长的 3911、敌敌畏为主，现在以复合肥、油渣、农家肥为主，农药以高毒的三氯杀螨醇、高效低毒的多菌灵、除草剂等为主。在农业转变过程中化肥、农药品种不断增加、施用量不断增长，加大了农田生态系统的负担。农户积极性提高有助于农田增收，在 2010 年种植冬枣之后，余家营村的农户生产积极性大幅度提升，而马家村农户积极性相比 1985 年有些下降，大多数劳动力外出打工。在技术方面，两个村子的灌溉方式由依靠天然降水转变为机井、抽水泵灌溉，对地下水消耗加剧；余家营村的大棚种植能够让冬枣提前上市，价格是无大棚冬枣的 3 ~ 4 倍，经济效益高，但地膜使用对当地生态环境造成污染。

表 2 1985—2018 年余家营村和马家村农业种植结构 / %

Tab. 2 Agricultural structure in Yujiaying village and Majia village from 1985 to 2018 / %

种植结构		余家营村		马家村	
		1985 年	2018 年	1985 年	2018 年
粮食					
	小麦 + 玉米	85	–	100	94.8
	棉花	15	–	–	–
果园		–	–	–	–
	梨子	–	4.9	–	–
	桃子	–	4.0	–	4.4
	西瓜	–	1.4	–	–
	葡萄	–	1.3	–	–
	李子	–	1.5	–	–
	苹果	–	1.4	–	–
	枣树幼苗	–	14.4	–	–
	大棚冬枣	–	71.1	–	–
蔬菜		–	–	–	0.8
合计		100	100	100	100

3.2 生态系统服务变化

本文选取了经济生产功能、固碳释氧、净化服务、气候调节、农药化肥污染、水资源消耗、农业塑料残留作为测算指标，对两个村子 1985 年和 2018 年的农业生态系统服务进行测算。

3.2.1 *正向农业生态系统服务变化* 表 3 可以看出，余家营村和马家村除了固碳释氧服务减少之外，其余正向生态系统服务均增加。其中经济生产功能、净化服务增长幅度较大，“粮—果”转变使得经济生产功能增加了 523.9%，“粮—粮”转变增加了 37.4%，“粮—果”转变的经济生产功能增加速度是“粮—粮”的 14 倍，达到了 1.375×10^{7} 元；“粮—果”转变的净化服务增长了 445.5%，“粮—粮”增加了 42%，“粮—果”增长是“粮—粮”的 11 倍。根据图 4、图 5，发现两个村子的农业生态系统服务在 1985 年和 2018 年都以经济生产功能占主导，并且随着农业发展与转型，经济功能所占的比重不断上升。“粮—果”转型的正向服务由以经济生产功能、固碳释氧服务为主转变为仅以经济生产为主，而“粮—粮”正向服务比重变化不明显。其中经济生

表 3 1985—2018 年余家营村和马家村生态系统服务价值

Tab. 3 Agro-ecosystem service values of Yujiaying village and Majia village in 1985 and 2018

服务类型		余家营村			马家村		
		1985 年	2018 年	变化率 / %	1985 年	2018 年	变化率 / %
正向生态系统服务/(10^4 元)	经济生产功能	220.47	1 375.55	523.90	154.58	212.46	37.40
	固碳释氧	38.87	16.19	-58.30	30.79	25.50	-17.20
	净化服务	2.97	16.20	445.50	5.84	8.29	42.00
	气候调节	15.31	28.20	84.20	11.31	13.05	15.40
	总价值	277.62	1 436.14	417.30	202.52	259.30	28.00
负向生态系统服务/(10^4 元)	水资源消耗	-	-35.21	-	-	-21.13	
	农药化肥污染	-52.57	-112.80	114.60	-35.98	-52.87	46.90
	农业塑料残留	-	-40.22	-	-	-	-
	总价值	-52.57	-188.23	258.00	-35.98	-74.00	106.90
农业生态系统服务总价值/(10^4 元)		225.05	1 247.91	454.50	166.54	184.87	11.00

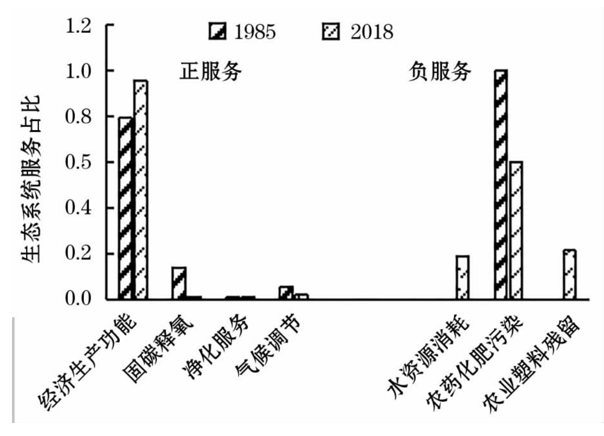


图 4 余家营村农业生态系统服务结构变化

Fig. 4 Changes of agricultural ecosystem service structure in Yujiaying village

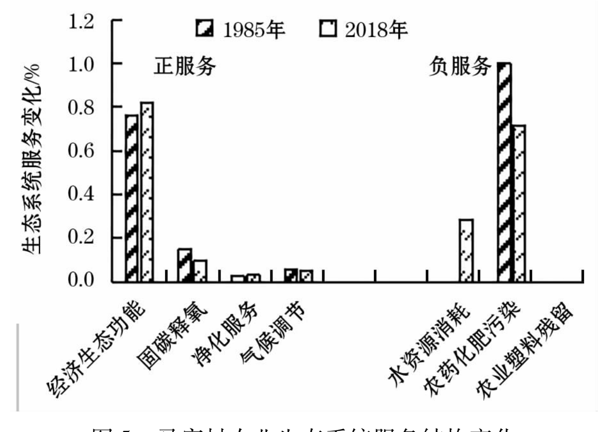


图 5 马家村农业生态系统服务结构变化

Fig. 5 Changes of agricultural ecosystem service structure in Majia village

产功能增加是因为品种变化、单位面积产量增加,比如 1985—2018 年,单位面积产量从 4 500 kg · hm^{-2} 的小麦上升到 1.5×10^4 kg · hm^{-2} 的水果,且水果/蔬菜价格也是小麦玉米的 3 ~ 4 倍,经济价值大幅度上升。气候调节、净化服务的上升与草地及林地的增加有关,李良涛等[48]指出农田的边界对农业生态系统维持具有调节功能,因此转化为草地和林地对农业生态系统服务中的净化服务、调节服务有积极作用。

3.2.2 *负向农业生态系统服务变化* 表 3 可以看出负向生态系统服务中的水资源消耗、农药化肥污染、农业塑料残留都有所增加,其中农药化肥污染的负服务增加速度最快,"粮—果"转型导致农药化肥污染负服务增加了 114.6%,"粮—粮"转型的也增加了 46.9%,其中在 2018 年"粮—果"转型的化肥农药造成的负服务是 1985 年的 1.14 倍。两种农业转型过程中,农户选取的肥料从尿素、氢铵到农家肥、油渣、复合肥等,2018 年每公顷化肥施用的花费是 1985 年的 2.5 倍;农药喷洒从 3911 转为三氯杀螨醇、多菌灵等,2018 年每公顷农药喷洒的花费是 1985 年的 1.5 倍。过量的化肥和农药施用,造成土壤和水体污染,产生大量负向生态系统服务。据图 4、图 5 可以看出在 1985 年这两种农业转型模式的农业生态系统负服务以农药化肥污染为主,而 2018 年"粮—果"转型中的水资源消耗、农药化肥污染、农业塑料残留等负服务大幅增加,"粮—粮"转型中水资源消耗也加剧。2 种转型模式中农业塑料残留产生的负向服务仅出现在"粮—果"转变中,达到 40.22×10^4 元,且随着冬枣种植面积的扩大而增加。欧阳芳等[49]认为昆虫授粉对农业生态系统服务影响较大,在维持农业生态系统功能中发挥重要作用。大棚建设影响了不同地块之间的昆虫授粉,

授粉昆虫多样性降低,从而导致农作物结果率下降,农业生态系统受到影响。地膜残留还会对土壤造成危害,严昌荣等[46]研究指出长期覆盖地膜的农作区,地膜残留会破坏土壤结构、并造成农作物减产,影响农业生态环境。

3.2.3 农业生态系统服务格局变化 由图6可以看出生态系统净服务变化为正值的区域为余家营村大棚冬枣、西瓜、葡萄、李子、梨树等种植区域,马家村为苹果和蔬菜种植区域,主要由于果园、蔬菜种植产生的经济价值大幅度增加。余家营村的枣树幼苗分布区因其尚不具有经济生产功能,但要消耗水资源和投入农药化肥,因此该区生态系统净服务为负值。1990年左右,余家营村宅基地被洪水淹没,村民重选新址建村,因而现今宅基地所在区域是由耕地转变为建设用地,生态系统服务变化值为负值。马家村大部分耕地由于经济生产功能上升不多,但化肥农药投入、水资源消耗的增加,产生的农业生态系统服务有些许降低,表现为负值。余家营村和马家村的部分耕地转变为草地、林地,这些区域的生态系统服务均呈现减少趋势。

3.3 农业转型—农业生态系统服务的作用关系

城市化、国家政策会导致农户的耕作品种、灌溉方式、化肥农药施用等改变,进而促使生态系统的经济生产功能、固碳释氧功能、净化服务、气候调节、农药化肥污染等发生改变[40-51]。反过来,农业生态系统服务也会影响国家政府的相关政策以及部分农户的行为(图7)。

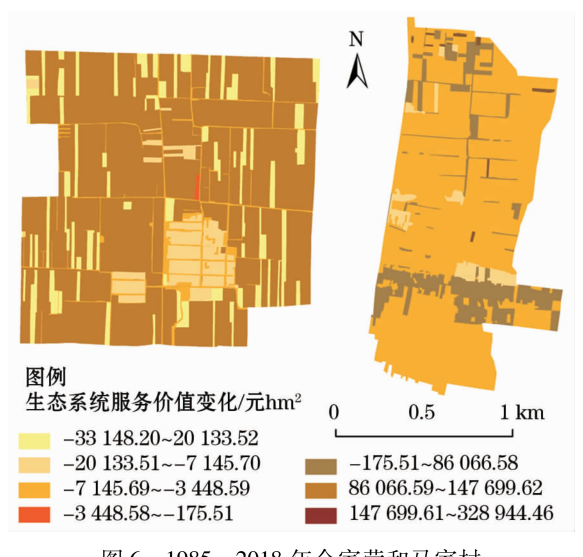


图6 1985—2018年余家营和马家村农业净生态系统服务格局变化

Fig. 6 Spatial changes of net agro-ecosystem service in Yujiaying and Majia villages from 1985 to 2018

4 讨论

本文利用遥感影像解译与野外填图结合的方法对1985、2018年的余家营村和马家村的土地利用类型进行分类,构建了农业生态系统服务测评指标体系,通过测算农业生态系统服务,分析了“粮—果”和“粮—粮”2种农业转型对农业生态系统服务的影响并探讨了农业转型与农业生态系统服务的耦合机制。SONG等[23]在研究农业转型对生态系统服务的影响中,主要从农户行为视角分析,比如改变种植品种、建造篱笆、打水井等讨论农业生态系统服务变化,本文则从农业景观、农业种植结构、农户行为等角度综合分析农业转型过程及对农业生态系统服务变化的影响并探究其原因,发现主要是受到农户对经济效益的追求、政府政策、市场需求的影响,可以更加全面地评价农业转型过程及其变化。元媛等[45],张妮等[5]在研究农业生态系统服务中得出了正向服务和负向服务都呈现增加趋势,其中正服务增长速度较快。本文以“粮—粮”和“粮—果”2种转型模式的村落为例,对农业生态系统服务变化进行了对比研究,发现两种转型模式的正向和负向服务都出现了增长,正向服务以生产经济功能为主,负向服务以农药化肥污染为主,其中“粮—果”转型的生态系统服务增长远远大于“粮—粮”,“粮—果”转变中农业生态系统服务增加了454.5%,经济生产功能增加了523.9%。原因是“粮—果”转型的农作物单价、产量、农户积极性等均高于“粮—粮”转型。“粮—果”和“粮—粮”的固碳释氧服务均减少,由于农作物品种变化以及部分耕地转变为草地、林地。

农业转型一直以来都是社会学、经济学的研究热点,但从地理学角度研究对生态环境的影响较少。本文聚焦于农业转型,从地理学和景观生态学的角度对农业转型进行分析,并探讨其对农业生态系统服务的影响。在农业转型研究中,任婷婷等[20]主要对村落的正向生态系统服务进行分析,探究与人类福祉之间的关系,对农业转型原因及与农业生态系统服务之间的机制研究不足。本文在前人研究的基础上结合研究区情况引入了农业生态系统负服务,并对正、负服务进行综合测评,并探讨了不同农业转

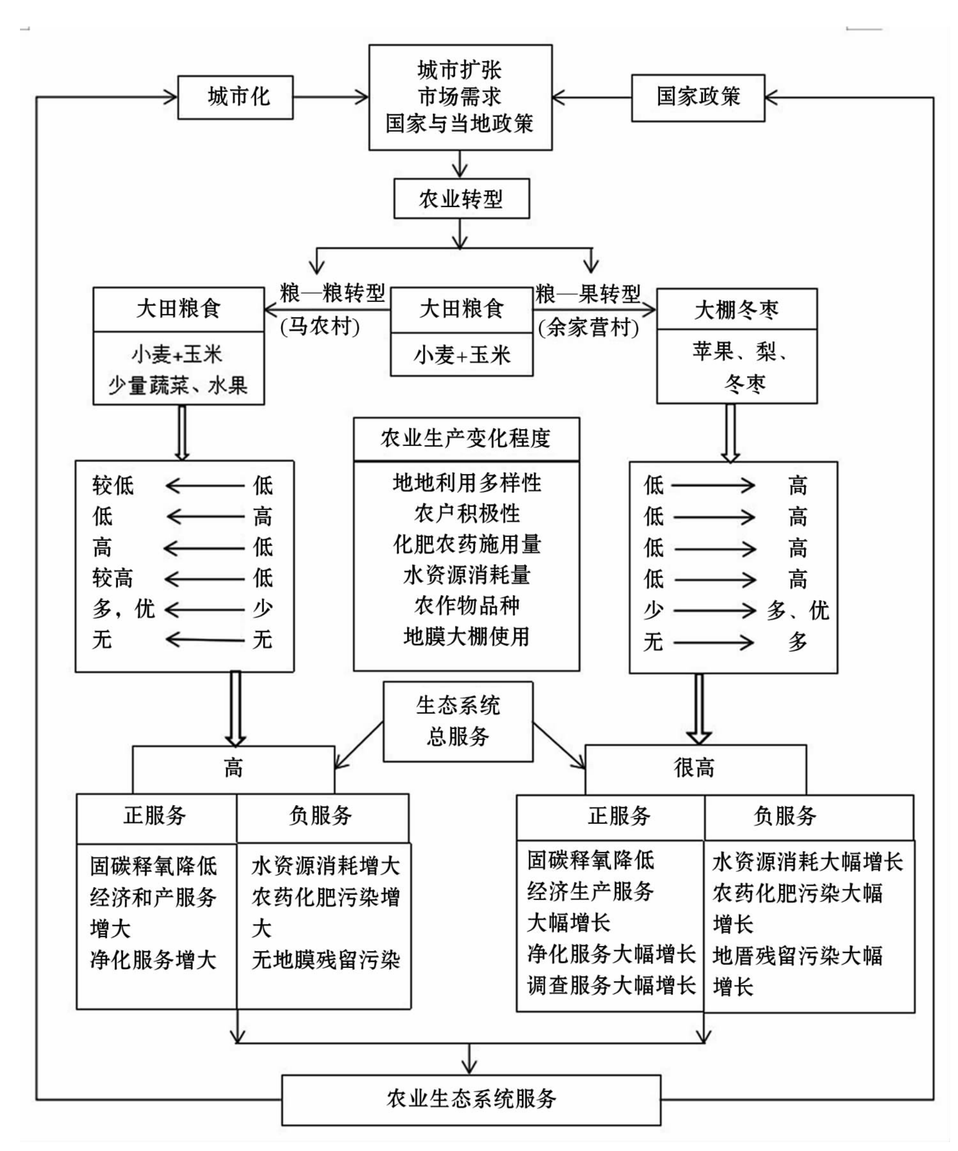


图7　农业转型过程-农业系统服务的作用机制图

Fig. 7　Coupling mechanism between agricultural transformation process and its ecosystem services

型模式下农业生态系统服务的时空格局变化及其农业转型对生态系统服务的影响。本文以村落为例探讨农业转型模式与农业生态系统服务变化之间的作用关系,这对在村域尺度上开展农业转型与生态系统关系的协调及管理具有一定的借鉴意义。

本文在农业生态系统正服务的测算中只选取了经济生产、固碳释氧、净化服务、调节服务等服务,考虑到马家村以粮食种植为主,余家营村距离城镇较远,农业休闲业不发达,因此未考虑农业休闲服务;由于研究区地处关中平原及其农业耕作区的中心地带,故未考虑农业生态系统的土壤保持服务和授粉服务;当然理论上果园在一定程度上可以为动物提供庇护所,在提供栖息地和维持生物多样性等方面具有积极意义,但研究中由于考虑村域尺度较小,故也未考虑农业生态系统的栖息地提供服务和生物多样性维持服务,这对研究结果不会产生影响。在对农业生态系统负服务的选择中主要选取了农业活动对生态系统影响较大的水资源消耗、农药化肥污染、农业塑料残留等负服务,由于冬枣、小麦和玉米等农作物花粉对农户的影响很小,因此研究中并没有考虑花粉过敏服务。本文以两个典型村为例研究了农业转型与农业生态系统服务之间的影响机制,但农业转型的类型复杂多样,对农业生态系统服务变化的影响也比较复杂,因此今后需加强对不同类型、不同程度农业转型带来的农业生态系统服务变化研

究,以企对农业可持续发展、绿色农业、城乡统筹规划等提供借鉴。

5 结论

(1)"粮—粮"和"粮—果"转型使农业景观、种植结构、农户行为等都发生较大变化,在由传统粮食生产向水果、蔬菜、苗木花卉等现代型农业转变过程中,作物品种由低产量、低品质转为高产量、高品质,并更趋多样化;出现少许耕地转变为草地和林地的现象;农户积极性提高,科技水平有所提升。

(2)"粮—粮"和"粮—果"转型使经济生产功能、净化服务、调节服务增加,固碳释氧减少;水资源消耗、农业塑料污染、化肥农药污染等负服务明显增加;两种转型的生态系统服务均以正服务的供给服务为主,其中"粮—果"经济生产功能增长较大,增长了523.9%。

(3)农业转型主要受到城市化、国家政策的驱动,并通过影响农田的农业景观、农业结构、农户行为进而影响农业生态系统服务功能,反之,农业生态系统服务变化也会影响到国家政策以及农户行为。

参考文献(References)

[1] 李佳鸣,冯长春.基于土地利用变化的生态系统服务价值及其改善效果研究——以内蒙古自治区为例[J].生态学报,2019,39(13):4741-4750.[LI Jiaming, FENG Changchun. Ecosystem service value and its improvement effect based on land use change: A case study of Inner Mongolia Autonomous Region[J]. Acta Ecologica Sinica,2019,39(13):4741-4750.]

[2] 李冬杰,杨利,余俞寒,等.都市生态旅游区土地利用碎片化对生态系统服务价值的影响——以武汉东湖生态旅游区为例[J].生态学报,2019,39(13):4782-4792.[LI Dongjie, YANG Li, YU Yuhan, et al. The impact of land use fragmentation on ecosystem service value in urban ecotourism area: A case study of Wuhan East Lake ecotourism area[J]. Acta Ecologica Sinica,2019,39(13):4782-4792.]

[3] 卢虹宇,袁兴中,王晓锋,等.塘生态系统结构与功能的研究进展[J].生态学杂志,2019,38(6):1890-1899.[LU Hongyu, YUAN Xingzhong, WANG Xiaofeng, et al. Research progress on structure and function of pond ecosystem[J]. Chinese Journal of Ecology,2019,38(6):1890-1899.]

[4] 李奇,朱建华,肖文发.生物多样性与生态系统服务——关系、权衡与管理[J].生态学报,2019,39(8):2655-2666.[LI Qi, ZHU Jianhua, XIAO Wenfa. Biodiversity and ecosystem services-relationships, trade-offs and management[J]. Acta Ecologica Sinica,2019,39(8):2655-2666.]

[5] 张妮,周忠学.城市化进程区农业生态系统正负服务测算——以长安区为例[J].干旱区地理,2018,41(2):409-419.[ZHANG Ni, ZHOU Zhongxue. Measurement of positive and negative agricultural ecosystem services in urbanization process areas: A case study of Chang'an District[J]. Arid Land Geography,2018,41(2):409-419.]

[6] 王鹏,刘小鹏,王亚娟,等.黄土丘陵沟壑区生态移民过程及其生态系统服务价值评价——以宁夏海原县为例[J].干旱区地理,2019,42(2):433-443.[WANG Peng, LIU Xiaopeng, WANG Yajuan, et al. Ecological migration process and the evaluation of its ecosystem service value in Loess hilly and gully region: A case study of Haiyuan County, Ningxia[J]. Arid Land Geography,2019,42(2):433-443.]

[7] 易武英,刘虹虹,张建利,等.典型喀斯特峰丛洼地农业生态系统生态服务价值评估——以平塘县19个乡镇为例[J].贵州科学,2017,35(6):50-55.[YI Wuying, LIU Honghong, ZHANG Jianli, et al. Assessment of the value of agroecosystem services in typical karst peak-cluster depressions: A case study of 19 towns in Pingtang County[J]. Guizhou Science,2017,35(6):50-55.]

[8] 王伟伟,周立华,孙燕,等.禁牧政策对宁夏盐池县农业生态系统服务影响的能值分析[J].生态学报,2019,39(1):146-157.[WANG Weiwei, ZHOU Lihua, SUN Yan, et al. Emergy analysis of the impact of grazing ban policy on agro-ecosystem services in Yanchi County, Ningxia[J]. Acta Ecologica Sinica,2019,39(1):146-157.]

[9] VIGNOLA R, GONZALEZRODRIGO B, et al. A scenario approach to assess stakeholder preferences for ecosystem services in agricultural landscapes of Costa Rica[J]. Regional Environmental Change,2017,17(2):605-618.

[10] 周忠学.西咸城市化对都市农业发展的影响——基于生态系统服务视角[M].北京:科学出版社,2018.[ZHOU Zhongxue. The impact of Xi-xian urbanization on urban agricultural development from the perspective of ecosystem services[M]. Beijing: Science Press,2018.]

[11] ZHOU Z, X, LI J, WANG W. Coupled urbanization and agricultural ecosystem services in Guanzhong-Tianshui Economic Zone[J]. Environmental Science and Pollution Research,2016,23:15407-15417.

[12] 冉凤维,罗志军,吴佳平,等.鄱阳湖地区生态系统服务权衡与协同关系的时空格局[J].应用生态学报,2019,30(3):995-1004.[RAN Fengwei, LUO Zhijun, WU Jiaping, et al. Spatio-temporal pattern of ecosystem service balance and synergy in Poyang Lake area[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2019,30(3):995-1004]

[13] 王川,刘春芳,乌亚汗,等.黄土丘陵区生态系统服务空间格局及权衡与协同关系——以榆中县为例[J].生态学杂志,2019,38(2):521-531.[WANG Chuan, LIU Chunfang, WU Yahan, et al. Spatial pattern and trade-off and synergy of ecosystem services in the Loess Hilly region: A case study of Yuzhong County[J]. Chinese Journal of Ecology,2019,38(2):521-531.]

[14] KAZ'MIN A M. Transformation of agricultural land use in Russian

regions in the course of modern socioeconomic reforms[J]. Regional Research of Russia,2016,6(1):87－94.

[15] AJANI E,N,IGBOKWE E,M. A Review of agricultural transformation agenda in Nigeria:The case of public and private sector participation[J]. Research Journal of Agriculture and Environmental Management,2014,3(5):238－245.

[16] BACHEWE F N,BERHANE G,MINTEN B,et al. Agricultural transformation in Africa? Assessing the evidence in Ethiopia[J]. World Development,2018,5(41):285－298.

[17] 项继权,刘开创. 城镇化背景下中国乡村治理的转型与发展[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版),2019,58(2):1－9.[XIANG Jiquan,LIU Kaichuang. Transformation and development of rural governance in China under the background of urbanization[J]. Journal of Central China Normal University(Humanities and Social Sciences Edition),2019,58(2):1－9.]

[18] 龙花楼,郭大本. 论土地利用转型与乡村转型发展[J]. 地理科学进展,2012,31(2):131－138.[LONG Hualou,GUO Daben. On land use transition and rural transition development[J]. Progress in Geography,2012,31(2):131－138.]

[19] 骆世明. 农业生态转型态势与中国生态农业建设路径[J]. 中国生态农业学报,2017,25(1):1－7.[LUO Shiming. Agricultural eco-transformation and the path of China's eco-agriculture construction[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2017,25(1):1－7.]

[20] 任婷婷,周忠学. 农业结构转型对生态系统服务与人类福祉的影响研究——以西安都市圈两种农业类型为例[J]. 生态学报,2019,39(7):2353－2365.[REN Tingting,ZHOU Zhongxue. The impact of agricultural structure transformation on ecosystem services and human well-being:A case study of two types of agriculture in Xi'an metropolitan area[J]. Journal of Ecology,2019,39(7):2353－2365.]

[21] CUMMING G S,BUERKERT A,HOFFMANN E M,et al. Implications of agricultural transitions and urbanization for ecosystem services[J]. Nature, 2014,515(7525):50－57.

[22] SOLEN Le Cien'h,NICOLAS Jégou D E,SARTRE Xavier Arnauld,et al. Impacts of agricultural practices and individual life characteristics on ecosystem services:A case study on family farmers in the context of an amazonian pioneer front[J]. Environmental Management,2018,61(3):772－785.

[23] SONG B,ROBINSON G M,ZHOU Z. Agricultural transformation and ecosystem services:A case study from Shaanxi Province,China[J]. Habitat International,2017, 69:114－125.

[24] SHI W,HU Y,SHI X,et al. Strategic transformation of regionalization for the agricultural comprehensive development:The example of Ningxia Hui Autonomous Region in China[J]. Journal of Geographical Sciences,2016,26(12):1675－1688.

[25] LIU Xiaopeng,CHEN Xiao,HUA Kaiping,et al. Effects of land use change on ecosystem services in arid area ecological migration[J]. Chinese Geographical Science,2018,28(5):170－182.

[26] ISLAM G M T,ISLAM A K M S,SHOPAN A A,et al. Implications of agricultural land use change to ecosystem services in the Ganges delta[J]. Journal of Environmental Management,2015,161(15):443－452.

[27] MA Fengjiao,EGRINYA EENJI A,LIU Jintong. Assessment of ecosystem services and dis-services of an agro-ecosystem based on extended emergy framework:A case study of Luancheng county,north China[J]. Ecological Engineering,2015,82:241－251.

[28] SMITH H F,SULLIVAN C A. Ecosystem services within agricultural landscapes-farmers' perceptions[J]. Ecological Economics,2014,98:72－80.

[29] ZHANG W,RICKETTS T H,KREMEN C,et al. Ecosystem services and dis-services to agriculture[J]. Ecological Economics,2007,64(2):253－260.

[30] 田丰收,刘新平,原伟鹏. 新疆和田地区耕地面源污染生态风险评价[J]. 干旱区地理,2019,42(2):295－304.[TIAN Toyota,LIU Xinping,YUAN Weipeng. Ecological risk assessment of non-point source pollution of cultivated land in Hetian Area,Xinjiang[J]. Arid Land Geography,2019,42(2):295－304.]

[31] 税伟,陈毅萍,苏正安,等. 基于能值的专业化茶叶种植农业生态系统分析——以福建省安溪县为例[J]. 中国生态农业学报,2016,24(12):1703－1713.[SHUI Wei,CHEN Yiping,SU Zheng'an,et al. Analysis of specialized agricultural ecosystem for tea planting based on emergy value:A case study of Anxi County,Fujian Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2016,24(12):1703－1713.]

[32] 杨灿,朱玉林,李明杰. 洞庭湖平原区农业生态系统的能值分析与可持续发展[J]. 经济地理,2014,34(12):161－166.[YANG Can,ZHU Yulin,LI Mingjie. Energy value analysis and sustainable development of agricultural ecosystem in Dongting Lake Plain[J]. Economic Geography,2014,34(12):161－166.]

[33] 周淑梅,武菁,王国贞. 华北平原农田生态系统服务评价及灌溉效益分析[J]. 中国生态农业学报,2017,25(9):1360－1370.[ZHOU Shumei,WU Jing,WANG Guozhen. Evaluation of farmland ecosystem services and analysis of irrigation benefits in North China Plain[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2017,25(9):1360－1370.]

[34] 赵鸿雁,陈英,杨洁,等. 基于改进当量的甘肃省耕地生态系统服务价值及其与区域经济发展的空间关系研究[J]. 干旱区地理,2018,41(4):851－858.[ZHAO Hongyan,CHEN Ying,YANG Jie,et al. Based on the improved equivalent of the value of cultivated land ecosystem services in Gansu Province and its spatial relationship with regional economic development[J]. Arid Land Geography,2018,41(4):851－858.]

[35] 李梦桃,周忠学. 西安市城市景观的正负生态系统服务测算及空间格局[J]. 地理学报,2016,71(7):1215－1230.[LI Mengtao,ZHOU Zhongxue. Measurement and spatial pattern of positive and negative ecosystem services of urban landscape in Xi'an[J]. Acta Geographica Sinica,2016,71(7):1215－1230.]

[36] RODRíGUEZ JON PAUL,DOUGLAS B T,BENNETT E M,et al. Trade-offs across space,time,and ecosystem services[J]. Ecology and Society,2006,11(1):28－33.

[37] 彭丽云,许艳,黄背英,等. 兰州市耕地生态系统服务价值估算

[J]. 现代农业科技,2019,5:258 - 260,265. [PENG Liyun, XU Yan, HUANG Beiying, et al. Estimation of cultivated land ecosystem service value in Lanzhou[J]. Modern Agricultural Science and Technology,2019,5:258 - 260,265.]

[38] 赵宏波,郑辉,苗长虹. 东北粮食主产区农业生态系统健康格局与因子诊断——以吉林省为例[J]. 应用生态学报,2016,27(7):3290 - 3298. [ZHAO Hongbo, ZHENG Hui, MIAO Changhong. Diagnosis of health patterns and factors of agro-ecosystems in major grain-producing areas of northeast China: A case study of Jilin Province[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(7):3290 - 3298.]

[39] ZHONGXUE Z, MENGTAO L. Spatial-temporal change in urban agricultural land use efficiency from the perspective of agricultural multi-functionality: A case study of the Xi'an metropolitan zone [J]. Journal of Geographical Sciences,2017,(27):1520 - 1535.

[40] 周忠学. 城市化背景下农业景观变化对生态服务影响——以西安都市圈为例[J]. 干旱区地理,2015,38(5):1004 - 1013. [ZHOU ZHongxue. The impact of agricultural landscape changes on ecological services in the context of urbanization: A case study of Xi'an metropolitan area[J]. Arid Region Geography, 2015, 38(5):1004 - 1013.]

[41] 王云,周忠学. 多功能性的都市农业用地效率评价——以西安市为例 [J]. 经济地理,2014,34(7):129 - 134. [WANG Yun, ZHOU Zhongxue. Multifunctional evaluation of urban agricultural land use efficiency: A case study of Xi'an City [J]. Economic Geography,2014,34(7):129 - 134.]

[42] 宋晓媚,周忠学,王明. 城市化过程中都市农业景观变化及其生态安全评价——以西安市为例[J]. 冰川冻土,2015,37(3):835 - 844. [SONG Xiaomei, ZHOU Zhongxue, WANG Ming. Urban agricultural landscape change and eco-security assessment in the process of urbanization: A case study of Xi'an [J]. Journal of Glaciology and Geocryology,2015,37(3):835 - 844.]

[43] 邹月,周忠学. 西安市景观格局演变对生态系统服务价值的影响[J]. 应用生态学报,2017,28(8):2629 - 2639. [ZOU Yue, ZHOU Zhongxue. Impact of landscape pattern evolution on ecosystem service value in Xi'an [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2017,28(8):2629 - 2639.]

[44] 陈同斌,曾希柏,胡清秀. 中国化肥利用率的区域分异[J]. 地理学报,2002,57(5):531 - 538. [CHEN Tongbin, ZENG Xibo, HU Qingxiu. Regional differentiation of fertilizer utilization rate in China[J]. Acta Geographica Sinica,2002,57(5):531 - 538.]

[45] 元媛,刘金铜,靳占忠. 栾城县农田生态系统服务功能正负效应综合评价[J]. 生态学杂志,2011,30(12):2809 - 2814. [YUAN Yuan, LIU Jintong, JIN Zhanzhong. Comprehensive evaluation of positive and negative effects of farmland ecosystem services in Luancheng County[J]. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(12):2809 - 2814.]

[46] 严昌荣,梅旭荣,何文清,等. 农用地膜残留污染的现状与防治[J]. 农业工程学报,2006,22(11):269 - 272. [YAN Changrong, MEI Xurong, HE Wenqing, et al. Present situation and prevention of agricultural film residual pollution[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(11): 269 - 272.]

[47] 张永生,欧阳芳,袁哲明. 华北农田生态系统景观格局的演变特征[J]. 生态科学,2018,37(4):114 - 122. [ZHANG Yongsheng, OUYANG Fang, YUAN Zheming. Evolution characteristics of landscape patterns of farmland ecosystem in North China [J]. Ecological Science,2018,37(4):114 - 122.]

[48] 李良涛,王浩源,宇振荣. 农田边界植物多样性与生态服务功能研究进展[J]. 中国农学通报,2018,34(19):26 - 32. [LI Liangtao, WANG Haoyuan, YU Zhenrong. Advances in plant diversity and ecosystem services at farmland boundary [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2018,34(19): 26 - 32.]

[49] 欧阳芳,王丽娜,闫卓,等. 中国农业生态系统昆虫授粉功能量与服务价值评估[J]. 生态学报,2019,39(1):131 - 145. [OU YANG Fang, WANG Lina, YAN Zhuo, et al. Assessment of insect pollination function and service value in China's agroecosystem [J]. Acta Ecologica Sinica,2019,39(1): 131 - 145.]

[50] 潘文斌,葛琳,陈燕红. 福州城市化进程中生态系统服务功能价值演变及其驱动力分析[J]. 能源与环境,2017,4:14 - 18. [PAN Wenbin, GE Lin, CHEN Yanhong. Evolution of ecosystem services value and its driving forces in the process of Fuzhou urbanization[J]. Energy and Environment,2017,4:14 - 18.]

[51] 杜乐山,刘海燕,徐靖. 城市化与生态系统服务的双向影响综述[J]. 生态科学,2017,36(6):240 - 251. [DU Leshan, LIU Haiyan, XU Jing. A review of the two-way impacts of urbanization and ecosystem services [J]. Ecological Science,2017,36(6):240 - 251.]

Impact of agricultural transformation of typical villages in Guanzhong Plain on agro-ecosystem services

SONG Jing-xue, ZHOU Zhong-xue

(*School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an* 710119, *Shaanxi, China*)

Abstract: The increasing demand for agricultural products under globalization and urbanization is driving the transformation of agriculture. It is also reshaping the rural, and profoundly affects the relationship between the economic, social, and ecological development in rural areas. Most domestic and foreign scholars' research on agricultural transformation and ecosystem services focuses on the effects of land-use change, urbanization, and landscape pattern changes on ecosystem services. Only a few focus on the process of agricultural transformation, agricultural ecosystem services, and their interaction mechanisms. Therefore, exploring the impact of current agricultural transformation on the agro-ecosystem has a practical significance in urban and rural development, ecological security construction, and sustainable development in urban agglomerations. Agro-ecosystem services (i. e., agricultural multifunctionality) have always been research hotspots in the fields of geography and ecology and have theoretical significance as they reveal the relationship between agricultural transformation and agro-ecosystem services. This study investigates the effect of agricultural transformation on agricultural ecosystem services under the influence of urbanization. Take the Yujiaying and Majia villages in the Guanzhong Plain, Shaanxi Province, China as an example. It is of great significance to explore the interactive mechanism between urban and rural development, the development of specialty agriculture, and the construction of ecological landscapes. Based on the information of questionnaires, semi-structured interviews, and field mapping, the agricultural transformation and agro-ecosystem services were evaluated in the Yujiaying and Majia villages. The effects and mechanisms of agricultural transformation on agro-ecosystem services were analyzed. Results show the following: (1) Under two transformations of grain-to-grain and grain-to-fruit, the large changes occur in agricultural landscapes, planting structures, and farmers' behavior. In the process of the shift from traditional grain production to modern agriculture, such as planting fruits, vegetables, seedlings, and flowers, crop species have changed from that having lower yield and quality to that having higher yield and quality. They are more diversified and low arable lands are converted into grassland and woodland. Furthermore, farmers' enthusiasm improved, and the agricultural technology improved. (2) The economic production function, purification services, and regulation services all increased in the transformation from grain-to-grain and grain-to-fruit, whereas carbon fixation and oxygen releases reduced. Naturally, water resources consumption, agricultural plastic pollution, chemical fertilizer use, and pesticide pollution increased. The economic production function significantly increased upon the shift from grain-to-fruit, with an increase of 523.9%. (3) Agricultural transformation is mainly affected by urbanization and national policies. Under agricultural transformation, the change of agro-ecosystem services is affected by the agricultural landscape, agricultural structure, and farmers' behavior. Conversely, these changes would feedback to national policymaking and farmers' behavior. This study conducted a quantitative measurement of agricultural transformation. The coupling mechanism between agricultural transformation and agro-ecosystem services were also generalized by analyzing two typical agricultural villages currently experiencing agricultural transformation. It is significant to identify the agricultural transformation model in the urban agglomeration of the Guanzhong Plain to understand the relationship between agricultural development and ecosystems in the context of globalization and resolve local agriculture development issues by exerting agro-ecosystem services.

Key words: agricultural transformation; land use; ecosystem service; Guanzhong plain